

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Februar 2005 (03.02.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/009256 A2**(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **A61B 17/32**,  
A61N 7/00, A61F 2/46, A61B 17/88, B06B 3/00, A61C  
1/07, 8/00(30) Angaben zur Priorität:  
1338/03 31. Juli 2003 (31.07.2003) CH

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2004/000474

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **WOODWELDING AG** [CH/CH]; Bodmerstrasse 7,  
CH-8002 Zürich (CH).(22) Internationales Anmeldedatum:  
29. Juli 2004 (29.07.2004)

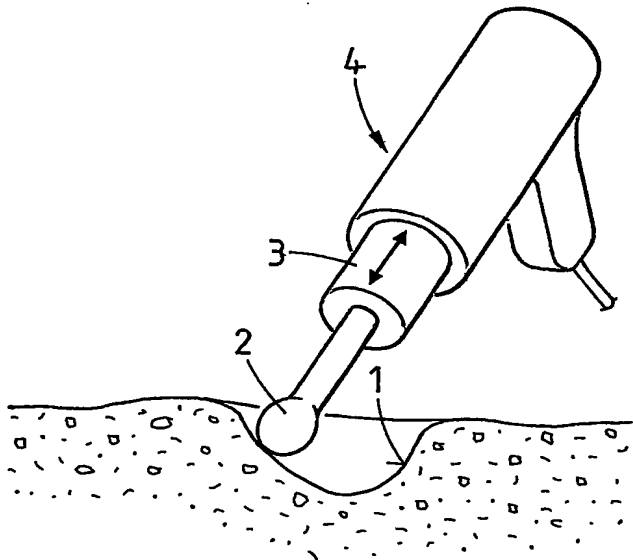
(72) Erfinder; und

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MAYER, Jörg**  
[CH/CH]; Lerchenweg 6, CH-5702 Niederlenz (CH).  
**RAST, Christopher** [CH/CH]; Neuenburgstrasse  
98, CH-2505 Biel (CH). **AESCHLIMANN, Marcel**

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PROMOTION OF TISSUE REGENERATION ON WOUND SURFACES AND DEVICE AND  
TREATMENT INSTRUMENT OR IMPLANT FOR CARRYING OUT SAID METHOD(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR FÖRDERUNG DER GEWEBEREGENERATION AN WUNDFLÄCHEN SOWIE VOR-  
RICHTUNG UND BEHANDLUNGSTRUMENT ODER IMPLANTAT ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

(57) Abstract: The invention relates to the promotion of tissue regeneration on wound surfaces (1), which, for example, should heal with other wound surfaces, heal over an implant, or heal to form tissue surfaces, whereby mechanical vibrations are introduced into said wound surfaces. A treatment instrument (2), coupled to a vibration source (electromechanical vibration converter), is used for the above, or an implant is subjected to vibrations during and/or after the positioning thereof in the tissue. Ultrasound vibrations are particularly suitable for the treatment. The vibrations have a mechanical and thermal effect in the region of the treated wound surface (1) and have a stimulating, traumatic, necrotic or cell-destroying effect according to intensity, whereupon biological elements which interfere with tissue regeneration are destroyed or denatured and the metabolism in the region of the wound surface is stimulated. The effect can also be mechanical, whereupon the tissue is lightly compressed or partly dislodged. The treatment

can be carried out during or after the positioning of an implant thus the necrosis concerns in particular, undesired cells introduced to the wound surface with the implant, such as connective tissue cells, mucal cells or diseased cells which can interfere with the healing over of tissue and implant. The treatment instruments (2) or implants used for the treatment are embodied as vibrating bodies and are coupled or may be coupled to a vibrating drive or comprise a coupling surface on which a sonotrode may be placed. The above have surfaces for contact with energy guided transmitters.

(57) Zusammenfassung: Zur Förderung der Geweberegeneration an Wundflächen (1), die beispielsweise mit anderen Wundflächen oder mit einem Implantat verwachsen oder zu Gewebeoberflächen verheilen sollen, werden in diese Wundflächen mechanische Schwingungen eingekoppelt. Dafür wird ein an einen Schwingungsantrieb (elektrisch/mechanischer Schwingungswandler) angekoppeltes Behandlungsinstrument (2) verwendet, das mit der Wundfläche (1) in Kontakt gebracht wird, oder ein

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



[CH/CH]; Haus zur Laube, CH-2514 Ligerz (CH). **TORRIANI, Laurent** [CH/CH]; Sur le Crêt 14, CH-2516 Lamboing (CH).

(74) **Anwalt: FREI PATENTANWALTSBÜRO AG**; Postfach 524, CH-8029 Zürich (CH).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Implantat wird während und/oder nach seiner Positionierung im Gewebe mit Schwingungen beaufschlagt. Für die Behandlung insbesondere geeignet sind Ultraschallschwingungen. Die Schwingungen wirken mechanisch und thermisch auf das Gewebe im Bereich der behandelten Wundfläche (1) und wirken je nach Intensität reizend, traumatisch, nekrotisch, oder Zellen zerstörend, wodurch die Geweberegeneration störende, biologische Elemente abgetötet oder denaturiert werden und wodurch der Stoffwechsel im Bereich der Wundfläche angeregt wird. Zusätzlich kann die Wirkung auch eine mechanische sein, wodurch das Gewebe leicht verdichtet oder bereichsweise disloziert wird. Da die Behandlung während oder nach der Positionierung eines Implantates durchgeführt werden kann, betrifft die Nekrose insbesondere mit dem Implantat auf die Wundfläche geschleppte, unerwünschte Zellen, wie beispielsweise Bindegewebezellen, Schleimhautzellen oder krankhafte Zellen, die die Verwachsung von Gewebe und Implantat stören können. Für die Behandlung eingesetzte Behandlungsinstrumente (2) oder Implantate sind als Schwingkörper ausgebildet und an einen Schwingungsantrieb gekoppelt oder koppelbar oder sie weisen eine Kopplungsfläche auf, auf die eine Sonotrode aufsetzbar ist. An ihrem distalen Ende weisen sie Kontaktflächen mit Energierichtungsgebern auf.

**VERFAHREN ZUR FÖRDERUNG DER GEWEBEREGENERA-  
TION AN WUNDFLÄCHEN SOWIE VORRICHTUNG UND BE-  
HANDLUNGSSINSTRUMENT ODER IMPLANTAT ZUR  
DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

Die Erfindung liegt auf dem Gebiete der Medizinaltechnik und betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des ersten, unabhängigen Patentanspruchs. Das Verfahren dient der Förderung der Geweberegeneration an Wundflächen, die durch chirurgischen Eingriff, durch Verletzung oder Erkrankung entstanden sind und die durch Geweberegeneration beispielsweise mit anderen Wundflächen oder mit einem Im-  
5 plantat verwachsen oder zu Geweboberflächen (natürliche Geweboberflächen oder Narben) verheilen sollen. Das Verfahren dient insbesondere zur Behandlung von solchen Wundflächen in Knochengewebe. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung und ein Behandlungsinstrument oder Implantat nach den Oberbegriffen der  
10 entsprechenden, unabhängigen Ansprüche zur Durchführung des Verfahrens.

Gemäss dem Stande der Technik werden die genannten, durch chirurgischen Eingriff, Verletzung oder Erkrankung entstandenen Wundflächen durch Kürettieren oder Anfrischen behandelt, das heisst sie werden mechanisch geschabt oder angekratzt und dann gespült, wodurch die unmittelbar an der Wundfläche liegenden Gewebe-  
15 schichten entfernt werden und dadurch eine frische Wundfläche entsteht. Zusätzlich zu der genannten, mechanischen Behandlung oder unabhängig davon wird auch chemisch auf solche Wundflächen eingewirkt, wodurch im Bereich der Wundfläche

Gewebezellen oder andere unerwünschte biologische Elemente abgetötet oder denaturiert werden. Mit den genannten Behandlungen wird nicht nur versucht, eine möglichst frische Wundfläche zu erzeugen, die frei ist von unerwünschten biologischen Elementen (Krankheitserreger, gewebefremde Zellen, krankhafte Zellen, wie beispielsweise Tumorzellen nach der Entfernung eines Tumors), die die angestrebte Geweberegeneration negativ beeinflussen könnten, sondern es wird damit auch versucht, den Stoffwechsel im Bereiche der Wundfläche zu fördern und damit die Geweberegeneration positiv zu beeinflussen.

Die oben aufgeführten, mechanisch wirkenden Behandlungsmethoden werden mit schabenden oder kratzenden Instrumenten (Küretten) durchgeführt und sind aus diesem Grunde für minimalinvasive (endoskopische) Eingriffe nur schwer einsetzbar. Bei Implantationen besteht ferner das bekannte Problem, dass die Behandlung der Wundfläche, die mit dem Implantat verwachsen soll, notwendigerweise vor der Positionierung des Implantates durchgeführt wird und dass sie aus diesem Grunde unwirksam ist gegen mit dem Implantat auf die genannte Wundfläche geschleppte, unerwünschte Zellen, wie beispielsweise Bindegewebezellen und Schleimhautzellen. Solche Zellen führen oft zu einer Bindegewebeschicht zwischen Implantat und Gewebe, die eine gewünschte, stabile Verwachsung zwischen Implantat und Gewebe verzögern oder gar verhindern kann.

In der Patenschrift US-6139320 (Hahn) ist für den Dentalbereich ein Verfahren zur abrasiven Behandlung von Flächen an zu restaurierenden Zähnen oder auch an umliegendem Knochengewebe beschrieben. Für diese abrasive Behandlung wird eine Flüssigkeit mit darin aufgeschlämmten abrasiven Partikeln und ein mit Ultraschallschwingungen angeregtes Instrument eingesetzt, wobei die Flüssigkeit durch das Instrument in eine hohe Turbulenz versetzt wird, derart, dass Zahnbein oder Knochengewebe durch Kavitation abgetragen werden. Das Instrument wird während der Behandlung dauernd mit der Flüssigkeit umspült, das heisst, die Flüssigkeit wird

auch dazu benutzt, abgetragenes Material wegzutransportieren. Das Instrument muss für die Behandlung derart positioniert werden, dass zwischen zu behandelnder Fläche und Instrument immer ein Flüssigkeitsfilm vorhanden ist. Kavitation findet nicht statt, wenn zwischen Instrument und abzutragendem Material kein Abstand vorhanden ist (kein Flüssigkeitsfilm), und sie findet auch nicht statt, wenn dieser Abstand zu gross ist.

Die für die abrasive Behandlung gemäss US-6139320 eingesetzte Vorrichtung weist einen elektrisch/mechanischen Wandler oder Schwingungsantrieb (erzeugt aus elektrischen Schwingungen mechanische Schwingungen beispielsweise unter Verwendung von Piezoelementen) auf. An den Schwingungsantrieb ist gegebenenfalls über einen Booster (Amplitudenverstärker) ein Umlenkelement gekoppelt, das die axialen Schwingungen des Schwingungsantriebs um beispielsweise 90° oder 120° umlenkt. Das für die abrasive Behandlung eingesetzte Instrument ist am Umlenkelement derart angekoppelt, dass es sich in der Richtung der umgelenkten Schwingungen erstreckt und dadurch ebenfalls in der Richtung seiner Achse schwingt.

Um eine durch die abrasive Behandlung zu erstellende oder fertig zu stellende Öffnung in einem Zahn formmässig an ein in der Öffnung zu positionierendes Füllelement anzupassen, wird in der oben genannten Publikation auch vorgeschlagen, dieses Füllelement direkt als Ultraschallinstrument einzusetzen. Da für die abrasive Behandlung, wie oben erwähnt, ein Flüssigkeitsfilm zwischen Instrument und Wundfläche vorausgesetzt werden muss, kann die mit Hilfe des Füllelements erstellte Öffnung keinen festen Sitz für das Füllelement darstellen. Dies bedeutet, dass das Füllelement schliesslich mit Hilfe beispielsweise eines Zements in der Öffnung befestigt werden muss, wobei der Zement erst nach der Erstellung der Öffnung eingebracht werden kann.

Die Erfindung stellt sich nun die Aufgabe, ein Verfahren aufzuzeigen, das zur Förderung der Geweberegeneration an Wundflächen anwendbar ist, welche Wundflächen durch die Geweberegeneration beispielsweise mit anderen Wundflächen oder mit einem Implantat verwachsen oder zu Gewebeoberflächen verheilen sollen. Dabei soll  
5 das Verfahren gemäss Erfindung einfach und auch in minimal invasiven Anwendungen anwendbar sein. Die mit Hilfe des erfindungsgemässen Verfahrens erzielten Resultate sollen mindestens so gut sein wie die Resultate, die mit bekannten, dem gleichen Zwecke dienenden Verfahren erzielt werden. Das Verfahren soll es ferner möglich machen, das oben angesprochene Problem der durch Implantate auf Wund-  
10 flächen geschleppten, unerwünschten Zellen zu lösen. Die Erfindung stellt sich ferner die Aufgabe, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, sowie ein Behandlungsinstrument oder Implantat zur Durchführung des Verfahrens.

Die genannten Aufgaben werden gelöst durch das Verfahren, die Vorrichtung und das Behandlungsinstrument oder Implantat, wie sie in den Patentansprüchen definiert  
15 sind.

Das erfindungsgemässe Verfahren basiert auf dem Befund, dass durch mechanische Schwingungen, beispielsweise Ultraschallschwingungen, die in eine zu behandelnde Wundfläche eingekoppelt werden, im Bereich dieser Wundfläche eine bezüglich Intensität, Tiefe und Lokalität sehr gut kontrollierbare, mechanische und thermische  
20 Wirkung erzeugt werden kann, welche Wirkung je nach Stärke und Gewebe in der Wundfläche einen kontrollierten Reiz, ein kontrolliertes Trauma oder eine gezielte Nekrose oder Zellzerstörung erzeugen. Durch Reiz und Trauma wird der Stoffwechsel angeregt und durch Trauma, Nekrose und Zellzerstörung werden zusätzlich unerwünschte biologische Elemente vernichtet oder denaturiert. Beide genannten Ef-  
25 fekte fördern bekannterweise die Geweberegeneration. Zusätzlich kann das Gewebe, insbesondere Knochengewebe, durch die mechanische Wirkung der Schwingungen im Bereich der behandelten Wundfläche mechanisch verändert, beispielsweise leicht

verdichtet oder bereichsweise leicht verschoben werden, was die Geweberegeneration ebenfalls positiv zu beeinflussen scheint.

Gemäss Erfindung werden also mechanische Schwingungen, insbesondere Ultraschallschwingungen in die zu behandelnde Wundfläche eingekoppelt und dadurch im Bereich dieser Wundfläche das Gewebe vibriert (mechanische Wirkung) und durch Dämpfung der Schwingungen im Gewebe eine thermische Wirkung erzielt. Da das Verfahren sehr fein an vorliegende Gegebenheiten angepasst werden kann, derart, dass nur ein notwendiges Minimum an Gewebe in zerstörender Weise beeinflusst wird, erübrigt es sich im erfindungsgemässen Verfahren während und nach der Behandlung Material aus dem Behandlungsbereich zu entfernen.

Als Mittel für die Einkopplung der Schwingungen in die Wundfläche dient entweder ein Behandlungsinstrument oder ein Implantat, wobei Instrument oder Implantat als Schwingkörper ausgebildet und für die Behandlung gegebenenfalls über einen oder mehr als einen weiteren Schwingkörper mit einem Schwingungsantrieb wirkverbunden sind, wobei die einzelnen Elemente des schwingenden Systems vorteilhafterweise derart aufeinander und auf eine Erregerfrequenz abgestimmt sind, dass sie resonatorähnlich schwingen. Für die Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens wird eine Vorrichtung verwendet, die einen Schwingungsantrieb aufweist und gegebenenfalls einen oder mehrere an den Schwingungsantrieb angekoppelte Schwingkörper, wobei das Behandlungsinstrument oder Implantat an den Schwingungsantrieb oder an einen der Schwingkörper angekoppelt oder ankoppelbar ist. Diese Ankoppelung kann für ein Behandlungsinstrument eine feste oder lösbare Verbindung sein. Für ein Implantat wird die Kopplung durch eine lösbare Verbindung oder lediglich durch Aufsetzen der Vorrichtung auf eine dafür vorgesehene Kopplungsgeometrie des Implantats realisiert.

Das Behandlungsinstrument wird für die Behandlung mit der zu behandelnden Wundfläche in Kontakt gebracht, das heisst an diese angedrückt sowie in Schwingung versetzt. Das Implantat wird im Gewebe positioniert und dann an das Gewebe angedrückt sowie in Schwingung versetzt oder es wird vorteilhafterweise bereits  
5 schwingend positioniert (z.B. in eine Gewebeöffnung, die leicht kleiner ist als das Instrument oder Implantat, oder als selbstschneidendes Implantat ohne vorher erstellte Gewebeöffnung oder in eine Gewebeöffnung, die zumindest partiell wesentlich kleiner ist als das Implantat). Sowohl bei Verwendung eines Instrumentes als auch bei Verwendung eines Implantates kann der Kontakt zwischen Instrument oder  
10 Implantat und Wundfläche stationär sein oder das Instrument oder Implantat kann über die Wundfläche bewegt werden. Der Kontakt zwischen Instrument oder Implantat und Wundfläche ist für die Behandlung vorzugsweise ein direkter Kontakt. Für diesen Kontakt weist das Behandlungsinstrument oder Implantat Kontaktflächen auf, die vorteilhafterweise mit Energierichtungsgebern ausgestattet sind. Solche  
15 Energierichtungsgeber sind aus der Kontaktfläche herausragende, spitz oder kantig zulaufende Elemente wie beispielsweise Kegel, Pyramiden, Rippen oder Kanten, die die einzukoppelnde Energie im wesentlichen auf Punkte oder Linien konzentrieren und dadurch vervielfachen. Die Energierichtungsgeber ragen um 50 µm bis 2 mm aus der Kontaktfläche und sind in ihrer Anordnung daran anzupassen, ob und wie das  
20 Instrument oder das Implantat während der Behandlung relativ zur Wundfläche bewegt wird, derart, dass es möglich wird, mit den durch die einzelnen Energierichtungsgeber in das Gewebe eingekoppelten, mechanischen Schwingungen möglichst die gesamte Wundfläche zu überstreichen. Es zeigt sich, dass die erfindungsgemässe Wirkung des eingekoppelten Schalls in Knochengewebe eine Eindringtiefe resp.  
25 Ausbreitungsweite von 3-5 mm hat. Dieser Wert ist naturgemäss abhängig von der Wirkzeit resp. der eingekoppelten Leistungsdichte (wirkende Amplitude x Frequenz) und gewebeabhängig limitiert durch die Regenerationsfähigkeit des lokal erzeugten Traumas. Daraus folgt, dass die Energierichtungsgeber für ein bei der Behandlung stationär zur Wundfläche verwendetes Instrument oder Implantat nicht weiter als 6-  
30 10 mm (vorteilhafterweise 2 bis 5mm) voneinander beabstandet sein sollten. Dassel-



be gilt auch für Energierichtungsgeber an Implantaten oder Behandlungsinstrumenten, die relativ zur Wundfläche in nur einer Richtung bewegt werden (Implantationsrichtung), also beispielsweise für sich parallel zur Implantationsrichtung erstreckende, rippen- oder kantenförmige Energierichtungsgeber, deren Abstand voneinander  
5 nicht grösser als 6-10 mm sein soll sofern zwischen den Energierichtungsgebern sich nur eine glatte Implantatfläche erstreckt, welche nicht wesentlich zum Energieeintrag beiträgt.

Ein für die Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens verwendetes Implantat wird vorteilhafterweise bereits unter dem Einfluss der Schwingungen in einer Gewe-  
10 beöffnung positioniert oder ohne Gewebeöffnung oder nur teilweiser Gewebeöffnung in das Gewebe getrieben, wobei das Implantat derart dimensioniert ist, dass bei dieser Positionierung die Energierichtungsgeber der Kontaktfläche das Gewebe der Wundfläche furchend verdrängen bzw. verdichten, wodurch ein intensiver Kontakt zwischen Wundfläche und Energierichtungsgebern entsteht.

15 In Fällen, wo ein direkter Kontakt zwischen Wundfläche und Instrument oder Implantat beispielsweise aus räumlichen Gründen nicht möglich ist, werden die Schwingungen des Instrumentes oder des Implantates über ein Kopplungsmedium in die zu behandelnde Wundfläche eingekoppelt. Als Kopplungsmedium wird dabei ein flüssiges oder gelförmiges Medium oder auch ein festes Medium (z.B. Folie) ge-  
20 wählt, das die einzukoppelnden Schwingungen (z.B. Ultraschall) gut leitet, das heisst, von der Schwingungsenergie möglichst wenig absorbiert und diese möglichst verlustfrei an das zu behandelnde Gewebe weitergibt. Mit dem Kopplungsmedium, das weder während noch nach der Behandlung von der zu behandelnden Wundfläche entfernt wird, kann zusätzlich in an sich bekannter Weise eine chemisch-  
25 therapeutische Wirkung auf die zu behandelnde Wundfläche oder darunterliegende Gewebereiche erzielt werden, indem dem Kopplungsmedium Stoffe wie Entzündungshemmer, Wachstumsfaktoren, Zytostatika, strahlende Mittel, Photosensibilisa-

toren etc. beigegeben werden. Solche Stoffe können durch die Schwingungen auch gezielt in das an die Wundfläche angrenzende Gewebe eingebracht werden. Als Kopplungsmedium eignet sich beispielsweise eine physiologische Salzlösung, die nach der Behandlung vom Gewebe aufgenommen wird.

- 5 Implantate, die sich für die erfindungsgemässe Behandlung von sie umgebenden Wundflächen eignen, können verschiedenste Implantatfunktionen haben. Es sind beispielsweise Implantate mit einer mechanischen Funktion (Stütz- oder Haltefunktion) und/oder einer Freisetzungsfunktion (z.B. Freisetzung von therapeutisch wirksamen Stoffen oder von partikulärer oder nichtpartikulärer Strahlung) oder es sind
- 10 Platzhalter für fehlende Gewebeteile, die gegebenenfalls eine nur vorübergehende Funktion haben und deshalb mindestens teilweise aus resorbierbarem oder in Regenerationsgewebe integrierbarem Material bestehen.

Wenn für die Behandlung einer Wundfläche ein Implantat in Schwingung versetzt wird, bedeutet dies, dass die Behandlung während und/oder nach der Positionierung

15 des Implantates durchgeführt wird und dass die durch die Behandlung erzielte traumatische oder nekrotische Wirkung insbesondere auch mit dem Implantat auf die Wundfläche geschleppte, unerwünschte Zellen (z.B. Bindegewebezellen, Schleimhautzellen, Tumorzellen) trifft, so dass diese der Verwachsung zwischen Gewebe und Implantat nicht mehr im Wege stehen können.

- 20 Damit ein Implantat als Schwingkörper, das heisst als Schwingungen möglichst verlustarm übertragender Körper, wirken und die oben beschriebene Behandlung von das Implantat umgebenden Wundflächen bewirken kann, besteht es aus einem Material, das ein Elastizitätsmodul von mindestens 0,5 GPa hat und es ist derart ausgestaltet, dass es sich unter der Einwirkung der Schwingungen nicht wesentlich verformt (auch nicht im Bereich der Energierichtungsgeber, wenn sich diese auf der
- 25

Wundfläche abstützen). Das heisst, das Implantatmaterial wird auch im Bereiche seines Kontaktes mit der Wundfläche nicht im Sinne des Verfahrens gemäss der Publikation WO-02/069817 zur Herstellung einer Verbindung mit dem Gewebe in einen plastischen oder flüssigen Zustand gebracht. Metallische Implantate beispielsweise aus Titan oder Implantate aus einem keramischen Baustoff erfüllen diese Bedingung problemlos. Für die Anregung des Implantates kann beispielsweise die Sonotrode eines Ultraschallgerätes gegen eine dafür vorgesehene Kopplungsfläche des Implantats gepresst werden oder das Implantat kann für die Behandlung starr aber lösbar an einer solchen Sonotrode befestigt sein. Zwischen Sonotrode und Implantat kann ferner ein Kopplungselement geschaltet sein. Dieselben Bedingungen gelten selbstverständlich auch für entsprechende Instrumente, die zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens eingesetzt werden.

Experimente zeigen, dass für eine erfindungsgemässe Behandlung von Wundflächen mittels in die Wundflächen eingekoppelter Schwingungsenergie Frequenzen von 1 bis 200 kHz, Schwingungsamplituden im Bereiche von 1 bis 400  $\mu\text{m}$  und Energien im Bereiche von 0,02 bis 20 W pro Quadratmillimeter Wirkfläche gute Resultate bringen. Diese guten Resultate sind in histologischen Schnitten erkennbar als erhöhte Dichten von vitalen Zellen und als Anzeichen hoher biochemischer Aktivität im Bereiche der behandelten Wundflächen, was beides eine schnelle und problemlose Geweberegeneration beispielsweise in Form von Verwachsung oder Verheilung begünstigt. Die für die Behandlung zu verwendende Energie ist steuerbar über die Frequenz und Amplitude der verwendeten Schwingungen, über die Übertragung dieser Schwingungen auf das Instrument oder Implantat und insbesondere auch über die Applikationszeit. Die Behandlung kann dabei in einer einzigen Behandlungsperiode durchgeführt werden oder in einer Mehrzahl von kürzeren, durch Pausen voneinander getrennten Behandlungsperioden, wobei die effektive Behandlungszeit höchstens einige Sekunden beträgt.

Wie bereits weiter oben angedeutet, ist die Wirkung der in die Wundfläche eingekoppelten Schwingungsenergie eine mechanische und eine thermische. Der relative Anteil der beiden Wirkungen ist abhängig von der Dämpfung der in die Wundfläche eingekoppelten Schwingungen im Gewebe (höhere Dämpfung ergibt höheren thermischen Anteil, weniger Dämpfung ergibt mehr mechanische Wirkung). In einem  
5 relativ harten Gewebe wie beispielsweise Knochengewebe wird also die mechanische Wirkung nicht vernachlässigbar sein, was in einem solchen Gewebe auch zu den bereits weiter oben angesprochenen Verdichtungen oder Verschiebungen führen kann.

10 Das erfindungsgemässe Verfahren sowie beispielhafte Ausführungsformen von Behandlungsinstrumenten und Implantaten zur Durchführung des Verfahrens werden im Detail im Zusammenhang mit den folgenden Figuren beschrieben. Dabei zeigen:

**Figur 1** die Behandlung einer Wundfläche in einer durch einen chirurgischen Eingriff, durch Verletzung oder durch Erkrankung entstandenen  
15 Wunde mit einem schwingenden Behandlungsinstrument, das an einer Ultraschall-Handvorrichtung angekoppelt ist;

**Figur 2** die Behandlung einer Wundfläche, die bei der Positionierung eines schraubenförmigen, selbstschneidenden Implantats entsteht;

**Figuren 3 bis 8** beispielhafte Ausführungsformen von erfindungsgemässen Behandlungsinstrumenten oder Implantaten mit Kontaktflächen, die mit  
20 Energierichtungsgebern ausgerüstet sind;

**Figur 9** eine Ausführungsform eines amplituden- und/oder richtungswandelnden Elementes zum Einsatz in einer erfindungsgemässen Vorrichtung;

**Figuren 10 und 11** weitere Ausführungsformen von Instrumenten zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens.

- Figur 1** zeigt die Behandlung einer Wundfläche 1 in einer durch einen chirurgischen Eingriff, durch eine Verletzung oder durch Erkrankung entstandenen Wunde in einem Gewebe, beispielsweise in der durch die Entfernung eines Tumors entstandenen Wunde in einem Knochen. Die Behandlung besteht im wesentlichen darin, die zu behandelnde Wundfläche 1 mit einem Behandlungsinstrument 2 zu kontaktieren, wobei das Instrument 2 als Schwingkörper ausgebildet ist und direkt oder über einen oder mehrere als amplituden- und/oder richtungswandelnde, weitere Schwingkörper 3 (Booster, Übertragungselement, Kopplungselement) an einen Schwingungsantrieb angeschlossen ist. Schwingungsantrieb und weitere Schwingkörper sind beispielsweise Bestandteile einer Handvorrichtung 4, beispielsweise einer handgeführten Ultraschallvorrichtung. Der Schwingungsantrieb weist beispielsweise einen Stapel von Piezoelementen auf, der mit einer elektrischen Antriebsfrequenz in mechanische Schwingungen versetzt wird. Schwingungsantrieb und Behandlungsinstrument 2 gegebenenfalls zusammen mit dem weiteren Schwingkörper oder den weiteren Schwingkörpern (Booster, Übertragungselement etc.) sind beispielsweise so ausgelegt, dass sie bei der Anregungsfrequenz des Schwingungsantriebs resonatorähnlich schwingen.
- Anwendbare Ultraschallgeräte sind beispielsweise in der Zahnmedizin zum Entfernen von Zahnstein bekannt oder aus der eingangs genannten Publikation US-6139320 (Hahn).

Das Instrument 2 kann auch über ein schwingfähiges, relativ langes und dünnes, gegebenenfalls auch flexibles Übertragungselement schwingend angetrieben sein und

sich mit entsprechender Dimensionierung so auch für minimalinvasive Eingriffe eignen.

**Figur 2** zeigt die Behandlung einer Wundfläche 1, die bei der Positionierung eines selbstschneidenden Implantats 5 entsteht und dieses umgibt. Das Implantat 5 ist beispielsweise wie dargestellt eine selbstschneidende Schraube, die zur Befestigung einer Platte 6 in einen entsprechend vorgebohrten Knochen eingetrieben wird. Die Schraube wird durch Rotation in das Knochengewebe eingetrieben und sie wird nach dem Eintreiben oder bereits während dem Eintreiben beispielsweise mit Ultraschall beaufschlagt. Die Schwingungen werden insbesondere im Bereiche des als Energierichtungsgeber funktionierenden Gewindeganges in das Knochengewebe eingekoppelt. Gemäss der oben angegebenen Lehre sind also die Gewindegänge derart anzulegen, dass sie nicht mehr als 6-10 mm voneinander entfernt sind, wenn die dazwischenliegende Fläche frei von anderstgestalteten Energierichtungsgebern ist.

Für das Eintreiben des in der Figur 2 dargestellten Implantates wird beispielsweise eine entsprechend ausgestaltete Sonotrode 7 eines Ultraschallgerätes auf dem Kopf der Schraube aufgesetzt und gegen die Schraube gepresst. Die Sonotrode kann auch zum Eindrehen der Schraube dienen, wobei durch die Schwingungen das Drehmoment bzw. die bei der Drehbewegung zu überwindende Reibung markant reduziert wird. Die Sonotrode ist dafür entsprechend rotierend an einem Handgerät angeordnet und, wie in der Figur 2 dargestellt, verdrehgesichert (z.B. Vierkant) auf dem Schraubenkopf aufsetzbar oder an diesem befestigbar. Selbstverständlich kann die Schraube auch mit einem bekannten Gerät eingedreht und erst dann mit Ultraschall beaufschlagt werden.

**Figuren 3 bis 8** zeigen beispielhafte Ausführungsformen von distalen Enden von Behandlungsinstrumenten oder Implantaten zur Durchführung des erfindungsgemä-

ssen Verfahrens, die an den Kontaktflächen verschiedene Energierichtungsgeber aufweisen. Die distalen Enden von Behandlungsinstrumenten und Implantaten unterscheiden sich nicht prinzipiell, da sie für die Durchführung desselben Verfahrens konzipiert sind. Das proximale Ende von Behandlungsinstrumenten weist vorteil-

5 hafterweise Mittel für eine lösbare Kopplung an eine Vorrichtung mit Schwingungsantrieb auf, kann aber auch fest an eine solche Vorrichtung gekoppelt sein. Das proximale Ende von Implantaten kann ebenfalls Mittel für eine lösbare Kopplung an eine Vorrichtung mit Schwingungsantrieb aufweisen. Das proximale Implantatende kann aber auch einfach eine Kopplungsfläche oder Kopplungsgeometrie aufweisen,

10 die für eine Einkoppelung der Schwingungen durch Aufdrücken eines vorrichtungsseitigen Schwingkörpers ausgerüstet ist.

**Figur 3** zeigt im Querschnitt ein erfindungsgemässes Implantat 5 (z.B. Zahnimplantat), das in einer Gewebeöffnung 10 positioniert ist. Das Implantat weist axial verlaufende Kanten 11 auf, durch die die zu behandelnde Wundfläche 1 (Innenoberfläche

15 der Gewebeöffnung 10) leicht gefurcht wird und die in dieser Weise als Energierichtungsgeber dienen. Auch dieses Implantat wird während und/oder nach seiner Positionierung in der Gewebeöffnung 10 mit beispielsweise Ultraschall beaufschlagt, wofür es an einer Sonotrode befestigt oder mittels der Sonotrode in die Gewebeöffnung gedrückt wird. Figur 3 kann in gleicher Weise als Querschnitt durch das distale

20 Ende eines Behandlungsinstrumentes 2 verstanden werden. Da das Implantat oder Instrument wegen seiner furchenden Wirkung nur axial in der Gewebeöffnung bewegbar ist, sind die Kanten 11 mit Abständen von nicht mehr als etwa 6-10 mm anzuordnen, insbesondere dann, wenn, wie in Fig. 3 dargestellt, die Furchung nur einen kleinen Teil der Wundfläche betrifft.

25 **Figur 4** zeigt ein weiteres Implantat 5 (gegebenenfalls auch distales Ende eines Behandlungsinstrumentes), das sich insbesondere für die Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens eignet, wenn es in einer konischen oder gestuften Gewebeöff-

nung positioniert wird. Das Implantat 5 hat eine distale Spitze 40 und eine Mehrzahl von im wesentlichen zylindrischen (gegebenenfalls leicht konischen) Bereichen 41, wobei die Durchmesser der zylindrischen Bereiche 41 von der Spitze 40 weg zunehmen und wobei Spitze 40 und zylindrische Bereiche 41 axial verlaufende, vorstehende Kanten 11 aufweisen, die die Innenoberfläche der für das Implantat vorgesehenen Gewebeöffnung (Wundfläche) furchen. In Abhängigkeit der Knochendichte kann das Ausmass der vorbestehenden Gewebeöffnung den Erfordernissen angepasst werden, so kann z.B. in spongiösem oder auch osteoporotischem Knochen allenfalls auf eine vorgängige Öffnung verzichtet werden und das Implantat in diesen Bereichen den Knochen verdichtend vorgetrieben werden. Auch die Stufen zwischen den zylindrischen Bereichen 41 sind als furchende Kanten 42 ausgestaltet.

Die proximale Stirnseite 43 des Implantates 5 ist als Kopplungsfläche beispielsweise mit einer Sonotrode ausgebildet, das heisst derart, dass beispielsweise eine Sonotrode dagegen gehalten werden kann, so dass die Schwingungen der Sonotrode auf das Implantat übertragen werden. Diese proximale Stirnseite 43 ist also beispielsweise eine ebene Fläche mit möglichst kleiner Rauheit.

Figur 5 zeigt sehr schematisch ein Diagramm der Schwingungsamplitude als Funktion der Zeit  $t$ , wie sie vorteilhafterweise in ein Implantat, wie es in den Figuren 3 und 4 dargestellt ist, eingekoppelt wird. Da über die lediglich durch Aufsetzen realisierte Kopplung nur Schwingungsteile in einer Richtung (nur Stossen, kein Ziehen, sogenannte Halbschwingung) übertragbar sind, ergeben sich nur Amplituden auf der einen Seite (Halbamplituden, hier positive Seite) der Abszisse. Es erweist sich als vorteilhaft, eine Schwingung mit relativ hoher Frequenz (z.B. Ultraschall) und einer kleinen Amplitude (1 bis 100  $\mu\text{m}$ ) zu überlagern mit einer Schwingung einer niedrigeren Frequenz (einige Zehn bis einige Hundert Hertz) und einer wesentlich höheren Amplitude (einige Hundert  $\mu\text{m}$ ), wobei die stärkeren „Schläge“ insbesondere für das Vortreiben des Implantates und die hochfrequente Schwingung insbesondere für die



Behandlung der Wundfläche ausgenützt wird. Ähnliche Effekte können erzeugt werden, wenn z.B. durch eine zumindest zeitweise Veränderung der Wellenform (z. Bsp. Sägezahn anstelle von Sinus) höhere Beschleunigungen und damit auch höhere Impulse erzielt werden.

- 5 **Figuren 6A bis 6C** zeigen ein weiteres beispielhaftes Implantat 5, das, wie das Implantat gemäss Figur 4 furchend wirkende Kanten aufweist, die einerseits in axialer Richtung verlaufen und andererseits um den Implantatsumfang. Das Implantat ist in der Figur 6A dreidimensional dargestellt, in Figur 6B als axialer Schnitt und in Figur 6C im Querschnitt. Das Implantat 5 ist beispielsweise ein Zahnimplantat, das in eine
- 10 konische Öffnung eines Kieferknochens implantiert wird, wobei die axial verlaufenden Kanten 11 die Öffnungswand im wesentlichen während der gesamten Implantationsbewegung (Implantationsrichtung: Pfeil I) furchen und die um den Implantatsumfang verlaufenden Kanten 42 mindestens in einem letzten Stadium der Implantation, wenn sie auf der Öffnungswand aufsitzen. Damit die um den Implantatsumfang
- 15 verlaufenden Kanten auch zur Stabilität des Implantates beitragen können, sind sie vorteilhafterweise gegen das distale Implantatsende leicht ausladend und hinter-schnitten ausgebildet, wie dies aus der Figur 6B ersichtlich ist. Es kann auch vorteilhaft sein, den Umfangskanten, wie dargestellt, einen gewissen Freiwinkel zu geben, um beispielsweise den Energieeintrag weiter zu konzentrieren. Dabei ist es keine
- 20 Bedingung, dass die Umfangskanten 42 auf gleichbleibender axialer Höhe verlaufen und sich ganz um den Umfang erstrecken. Ebenso ist es keine Bedingung, dass die axial verlaufenden Kanten durchgängig oder über die Länge in konstanter Zahl oder Geometrie verlaufen.

- Figuren 7 und 8** zeigen distale Enden von Behandlungsinstrumenten 2 (oder gegebenenfalls Implantaten), die eine Kontaktfläche 15 mit einem Muster von Energie-richtungsgebern 16 (z.B. aus der Kontaktfläche aufragende Pyramiden) aufweisen. Das in Figur 7 dargestellte Instrument 2 kann für axiale Schwingungen (Doppelpfeil
- 25

- A) oder für Biegeschwingungen (Doppelpfeil B) ausgelegt sein, das in der Figur 8 dargestellte Instrument ist vorteilhafterweise für axiale Schwingungen ausgelegt. Die Abstände zwischen den Spitzen der Energierichtungsgeber sind derart auf eine Relativbewegung zwischen Instrument und Wundfläche abzustimmen, dass jeder zu be-
- 5 handelnde Bereich der Wundfläche während der Behandlung mindestens einmal in einen Bereich von nicht mehr als etwa 3 bis 5 mm (vorteilhafterweise 1 bis 2,5 mm) um eine solche Spitze herum zu liegen kommt. Soll das Instrument relativ zur Wundfläche nicht bewegt werden, sind die Spitzen mit Abständen von weniger als 6 bis 10 mm (vorteilhafterweise von 2 bis 5 mm) anzuordnen.
- 10 **Figur 9** zeigt ein bereits weiter oben angesprochenes amplituden- und/oder richtungswandelndes Element 20, das in einer erfindungsgemässen Vorrichtung vorteilhafterweise zwischen Behandlungsinstrument 2 oder gegebenenfalls Implantat und Schwingungsantrieb 21 oder gegebenenfalls Booster eingeschaltet wird, das aber auch selbst als Behandlungsinstrument dienen kann.
- 15 Das Element 20 ist beispielsweise ringförmig. Es ist derart ausgelegt, dass es bei einer vorgegebenen Anregerfrequenz in Resonanz schwingt und zwar in radialer Richtung mit vier Knotenpunkten K (Punkte minimaler Schwingungsamplitude und zweidimensionaler Schwingung) und vier Punkten M1 bis M2 maximaler Schwingungsamplituden (eindimensionale Schwingungen). In axialer Richtung weist der
- 20 Ring eine Ausdehnung auf derart, dass Schwingungen mit axialer Amplitude vernachlässigbar bleiben. Durch eine variierende Dicke des Rings in radialer Richtung oder durch örtliche Ausnehmungen im Ring (örtlich verschiedene Massen) oder durch entsprechende örtliche Ringversteifungen können an den Punkten M1 bis M4 verschiedene Amplituden erzielt werden. An Stellen mit höherer Masse bzw. grösserer Steifigkeit ist die Amplitude kleiner als an Stellen mit kleinerer Masse bzw. kleinerer Steifigkeit.
- 25

Für das in der Figur 9 dargestellte Element 20 weisen die Stellen M1, M3 und M4 grössere örtliche Massen auf als die Stelle M2, an der also eine höhere Amplitude zu erwarten ist (illustriert durch längeren Doppelpfeil). Werden an den Stellen M1 bis M4 weitere Elemente (z.B. Behandlungsinstrument 2) angekoppelt sind deren Wirkung bezüglich Masse und Ringsteifigkeit an der Ankopplungsstelle mit in die Betrachtung einzubeziehen, bzw. an den anderen Stellen entsprechend zu kompensieren.

Der Schwingungsantrieb 21 (gegebenenfalls über einen Booster) wird vorteilhafterweise an einen Punkt maximaler Schwingungsamplitude (M1 bis M4) angekoppelt, wodurch die Antriebsamplitude auf diese Stelle übertragen wird. Je nach Anwendung und je nach Auslegung des Schwingungsantriebs 21 wird ein Behandlungsinstrument 2 für eine hohe Amplitude und eindimensionale Schwingung ebenfalls an einer Stelle M angekoppelt oder für eine kleine Amplitude und zweidimensionale Schwingungen an einer Stelle K.

Gemäss Figur 9 ist das Instrument 2 an der Stelle M2 (kleinste örtliche Ringmasse oder kleinste Ringsteifigkeit, also grösste Amplitude) angekoppelt und der Schwingungsantrieb 21 an der Stelle M1, so dass der Ring als Amplitudenverstärker funktioniert und als Richtungswandler (90°). Wenn der Schwingungsantrieb 21 an der Stelle M4 angekoppelt ist, wirkt das Element 20 nur als Amplitudenverstärker.

Ein amplituden- und/oder richtungswandelndes Element 20 gemäss Figur 9 für eine Anregerfrequenz von ca. 20 KHz ist beispielsweise ein Ring aus Stahl mit einem Durchmesser von ca. 8 mm, an den Instrumente von ca. 0,5 g Gewicht ankoppelbar sind. Damit bei einer starren Verbindung das Instrument als Resonator funktionieren kann, soll es eine Länge aufweisen, die einer halben Wellenlänge (für Stahl und 20 kHz: ca. 14 mm) oder einem Vielfachen davon entspricht.

Anstelle des in der Figur 9 dargestellten, Instrumentes 2, das am amplituden- und/oder richtungswandelnden Instrument 20 angekoppelt (z.B. angeformt) ist, kann an derselben Stelle ein entsprechender Fortsatz (nicht dargestellt) vorgesehen werden, der auf der proximalen Stirnfläche eines Implantates aufsetzbar ist und mit dem  
5 das Implantat gleichzeitig in eine Gewebeöffnung getrieben und zu Vibrationen angeregt wird.

Im Verfahren gemäss Erfindung ebenfalls anwendbare, amplituden- und/oder richtungswandelnde Elemente sind allgemein geometrische Körper, wie Biegebalken, Ringe oder Hohlkugeln, wobei ringförmige Elemente auch andere als kreisrunde,  
10 also beispielsweise polygone Formen haben können. Die Ringe können auch für Eigenschwingungen mit beispielsweise drei, fünf oder mehr Knotenstellen, das heisst für Richtungswandlungen um andere Winkel als  $90^\circ$  ausgelegt sein. Wenn Richtungswandlungen im dreidimensionalen Raum ermöglicht werden sollen, ist als Element 20 ein Hohlkörper vorzusehen, beispielsweise eine Hohlkugel oder ein hohles  
15 Polyeder. Sowohl Ringe als auch Hohlkörper können eine Mehrzahl von Kopplungsstellen sowohl für ein Instrument 2 oder gegebenenfalls Implantat als auch für den Schwingungsantrieb 21 aufweisen.

Gegebenenfalls ist es nicht notwendig an das Element 20 ein Behandlungsinstrument 2 anzukoppeln sondern das Element 20 selbst für die Behandlung einzusetzen, wobei  
20 es in einem derartigen Fall vorteilhaft ist, die Aussenfläche des Elementes mit Energierichtungsgebern auszustatten.

Da sowohl die Ausbildung des Instrumentes 2 als auch die Charakteristik seiner Schwingungen an spezifische Anwendungen anzupassen sind, erweist es sich als vorteilhaft, das Instrument 2 und das amplituden- und/oder richtungswandelnde Ele-  
25 ment 20 als Einheit auszulegen und für verschiedene Richtungswandlungen bei-

spielsweise mit verschiedenen Kopplungsstellen auszurüsten, mit deren Hilfe diese Einheit an einen standardmässig ausgerüsteten, beispielsweise in einem Handgerät integrierten Schwingungsantrieb 21 angekoppelt werden kann.

5 Eine derartige Einheit von amplituden- und/oder richtungswandelndem Element 20 und Behandlungsinstrument 2 ist in der Figur 10 dargestellt. An der Stelle M2 des amplituden- und/oder richtungswandelnden Elements 20 gemäss Figur 10 ist ein Behandlungsinstrument 2 angekoppelt. An den Stellen M1, M3 und M4 sind Kopplungsmittel 30 vorgesehen, beispielsweise Schnappelemente, durch die ein Boosterelement des Schwingungsantriebs 21 kraftschlüssig in einen Sitz 31 des Elementes 20 gezogen wird. Mit zunehmender Federkraft wird die eingekoppelte Welle sich  
10 der durch die Sonotrode vorgegebenen annähern.

Für minimalinvasive Verfahren ist es auch vorteilhaft, Mittel vorzusehen, die es erlauben, die Ankoppelung des Elementes 20 an den Schwingungsantrieb 21 (der auch für endoskopische Anwendungen flexibel und als Vielfaches der halben Wellenlänge  
15 ausgestaltet werden kann) nach Einführung des distalen Vorrichtungsendes, also wenn dieses sich im Behandlungsbereich befindet, zu ändern. Das Element 20 wird also beispielsweise für die Einführung zum Behandlungsbereich an der Stelle M4 angekoppelt (keine Richtungswandlung und kleinste Abmessung der Vorrichtung quer zur Einführungsrichtung) und für die Behandlung oder einen Teil der Behandlung  
20 lung an der Stelle M1 oder M3 (Richtungswandlung je 90°).

Anstelle der in den Figuren 9 und 10 dargestellten Ankoppelung des Instrumentes 2 an der Aussenseite des Elementes 20 kann das Instrument 2 auch an der Innenseite des Elements angekoppelt sein und auf der Gegenseite durch eine entsprechende Öffnung 35 aus diesem ragen, wie dies in der Figur 11 dargestellt ist. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn aus Platzgründen (z.B. Vorrichtung für minimal inva-  
25

sive Verfahren) das Instrument 2 möglichst wenig über das Element 20 vorstehen soll und aus Gründen der Resonanz trotzdem eine vorgegebene Länge haben muss.

Behandlungsinstrumente 2, die je mit einem genau darauf abgestimmten amplituden- und/oder richtungswandelnden Element 20 starr verbunden sind, machen es möglich, mit einem einzigen Gerät, das im wesentlichen eine Anregerfrequenz oder eine kleine Zahl von wählbaren Anregerfrequenzen liefern kann, optimale Behandlungsbedingungen für verschiedenste Anwendungen zu erreichen. Solche Behandlungsinstrumente sind nicht nur anwendbar im erfindungsgemässen Verfahren sondern auch in anderen Verfahren, in denen vibrierende Behandlungsinstrumente eingesetzt werden, insbesondere in verschiedenen, an sich bekannten Verfahren der Dentalmedizin.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Förderung der Geweberegeneration an Wundflächen (1), insbesondere an Wundflächen, die mit anderen Wundflächen oder mit einem Implantat verwachsen oder zu einer Gewebeoberfläche verheilen sollen, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Hilfe eines Behandlungsinstrumentes (2) oder eines Implantates (5) mechanische Schwingungen in die Wundfläche (1) eingekoppelt werden.  
5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mechanischen Schwingungen Ultraschallschwingungen mit einer Frequenz von 1-200 kHz sind.  
10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kontaktfläche des Behandlungsinstrumentes (2) mit der Wundfläche (1) in Kontakt gebracht und das Behandlungsinstrument mit mechanischen Schwingungen beaufschlagt wird, wobei das Behandlungsinstrument (2) während der Behandlung relativ zur Wundfläche bewegt wird oder stationär ist.  
15
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kontaktfläche des Implantates (5) mit der Wundfläche (1) in Kontakt gebracht wird und dass das Implantat (5) während einer Implantationsbewegung relativ zur Wundfläche und/oder nach dieser Implantationsbewegung, also in implantiertem Zustand, mit Schwingungen beaufschlagt wird.  
20

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Implantat (5) selbstschneidende oder furchende Strukturen aufweist und dass es mit Hilfe der mechanischen Schwingungen im Gewebe positioniert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Implantat (5)  
5 in einer Öffnung des Gewebes positioniert und dann in Schwingung versetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kontakt zwischen der Behandlungsfläche des Behandlungsinstruments (2) oder des Implantats (5) und der zu behandelnden Wundfläche (1) ein direkter  
10 Kontakt ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Behandlungsinstrument (2) oder dem Implantat (5) und der zu behandelnden Wundfläche (1) ein flüssiges, gelförmiges oder festes Kopplungsmedium eingesetzt wird.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Kopplungsmedium chemisch-therapeutisch wirksame Stoffe zugegeben werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wundfläche (1) eine Knochengewebefläche ist.



11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Implantat (5) ein Dentalimplantat ist, das in einer Öffnung eines Kieferknochens positioniert wird.
- 5 12. Vorrichtung zur Förderung der Geweberegeneration an Wundflächen (1), insbesondere an Wundflächen, die mit anderen Wundflächen oder mit einem Implantat verwachsen oder zu einer Gewebeoberfläche verheilen sollen, wobei mechanische Schwingungen in die Wundfläche eingekoppelt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen Schwingungsantrieb aufweist und ein durch den Schwingungsantrieb in Schwingungen versetzbares Behandlungs-  
10 instrument (2) oder Mittel zur Ankoppelung eines solchen Behandlungsinstrumentes (2) oder eines Implantates (5).
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel zur Ankopplung eines Implantats (5) eine glatte, auf einer proximalen Fläche des Implantats (5) angeordnete Kopplungsfläche ist.
- 15 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie ein amplituden- und/oder richtungswandelndes Element (20) aufweist, wobei das Behandlungsinstrument oder die Mittel zur Ankopplung an diesem Element angeordnet ist.
- 20 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das amplituden- und/oder richtungswandelnde Element (20) lösbar mit dem Schwingungsantrieb verbunden ist, wobei das amplituden- und/oder richtungswandelnde Element (20) eine Mehrzahl von Verbindungsstellen aufweist und somit in verschiedenen Stellungen mit dem Schwingungsantrieb verbindbar ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das amplituden- und/oder richtungswandelnde Element (20) die Form eines Biegebalkens, eines Rings oder eines Hohlkörpers aufweist.
- 5 17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Behandlungsinstrument (2) aussen am amplituden- und/oder richtungswandelnden Element (20) befestigt ist.
- 10 18. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das amplituden- und/oder richtungswandelnde Element (20) ring- oder hohlkörperförmig ist und dass das Behandlungsinstrument (2) an einer Innenseite des amplituden- und/oder richtungswandelnden Elements (20) befestigt ist und durch eine gegenüberliegende Öffnung (35) aus dem Element (20) ragt.
- 15 19. Behandlungsinstrument (2) oder Implantat (5) für die Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass es als Schwingkörper ausgelegt ist, dass sein proximales Ende an einem Schwingungsantrieb oder an einem amplituden- und/oder richtungswandelnden Element befestigt oder ankoppelbar ist oder eine für die Einkoppelung von Schwingungen von einem Schwingungsantrieb oder einem amplituden- und/oder richtungswandelnden Element geeignete Kopplungsfläche aufweist und dass es im Bereiche eines distalen Endes Kontaktflächen (15) aufweist für  
20 den Kontakt mit der Wundfläche, welche Kontaktflächen mit Energierichtungsgebern (16) ausgestattet sind.
20. Behandlungsinstrument oder Implantat nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energierichtungsgeber (16) die Form von aus der Kontaktfläche (15) ragenden Spitzen oder Kanten haben.

21. Behandlungsinstrument oder Implantat nach einem der Ansprüche 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energierichtungsgeber mindestens um 50µmm über die Kontaktfläche ragen.
22. Behandlungsinstrument nach einem der Ansprüche 19 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energierichtungsgeber nicht mehr als 6-10 mm voneinander entfernt sind.
23. Behandlungsinstrument oder Implantat nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Energierichtungsgeber (16) die Form von spiralig oder axial verlaufenden, die Wundfläche bei der Positionierung furchenden Kanten (11) haben.
24. Behandlungsinstrument oder Implantat nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass es eine distale Spitze (40) und an die Spitze (40) anschliessend eine Mehrzahl von im wesentlichen zylindrischen oder konischen Bereichen (41) mit Durchmessern, die mit wachsendem Abstand von der Spitze (40) grösser werden, aufweist, wobei die Spitze (40) und die zylindrischen oder konischen Bereiche (41) mit axial verlaufenden, furchenden Kanten (11) ausgestattet sind und wobei zwischen den zylindrischen oder konischen Bereichen (41) auftretende Stufen ebenfalls als furchende Kanten (42) ausgestaltet sind.
25. Behandlungsinstrument oder Implantat nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass es im wesentlichen konisch ist und mindest teilweise axial verlaufende Kanten und mindestens teilweise um den Umfang verlaufende Kanten aufweist.

26. Behandlungsinstrument oder Implantat nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens teilweise um den Umfang verlaufenden Kanten zumindest teilweise hinterschnitten sind.
- 5 27. Behandlungsinstrument oder Implantat nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens teilweise um den Umfang verlaufenden Kanten zumindest teilweise einen Freiwinkel aufweisen.

1/5

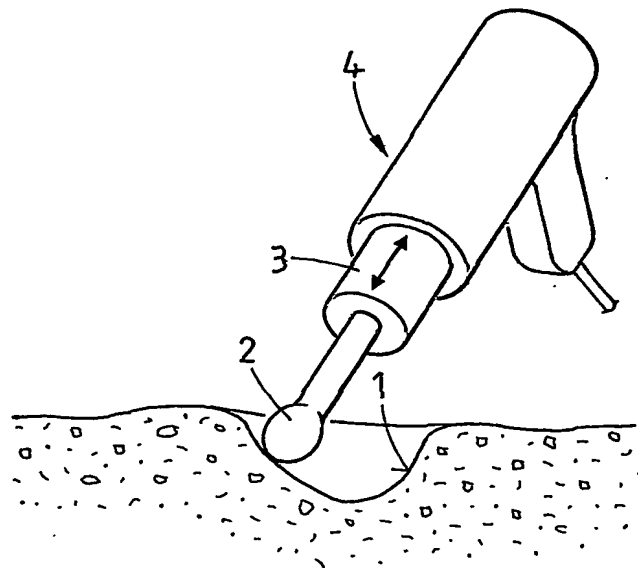


Fig. 1

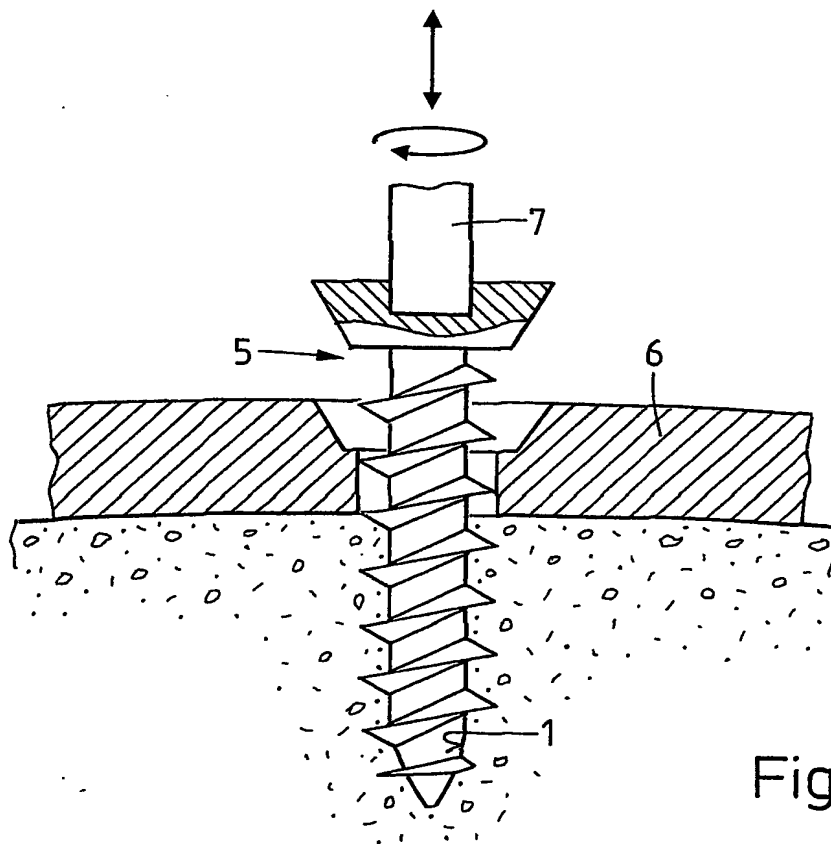
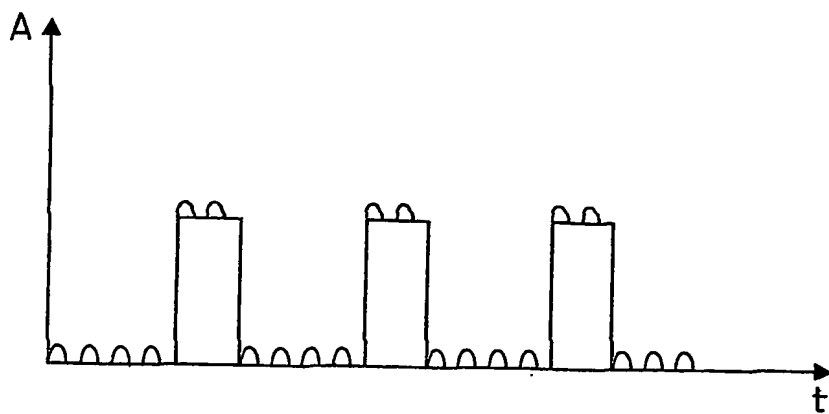
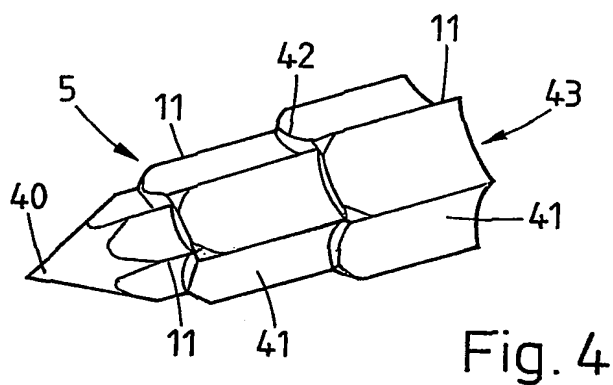
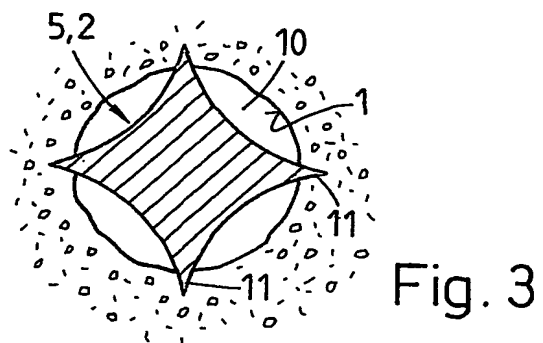


Fig. 2

2/5



3/5

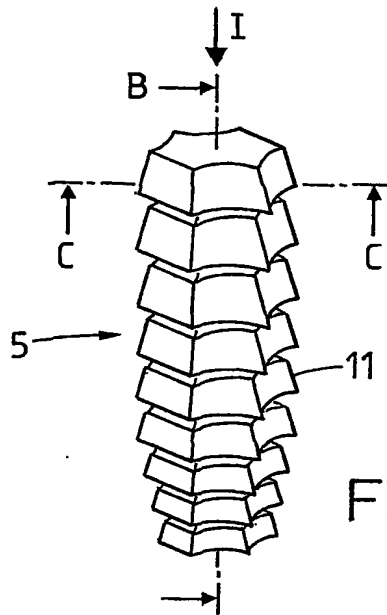


Fig. 6A

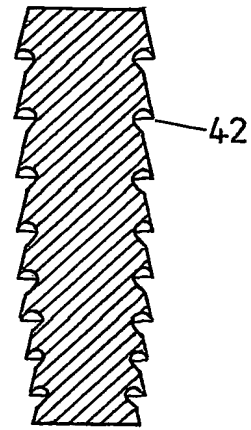


Fig. 6B

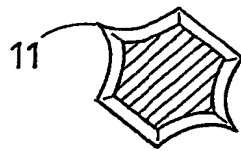


Fig. 6C

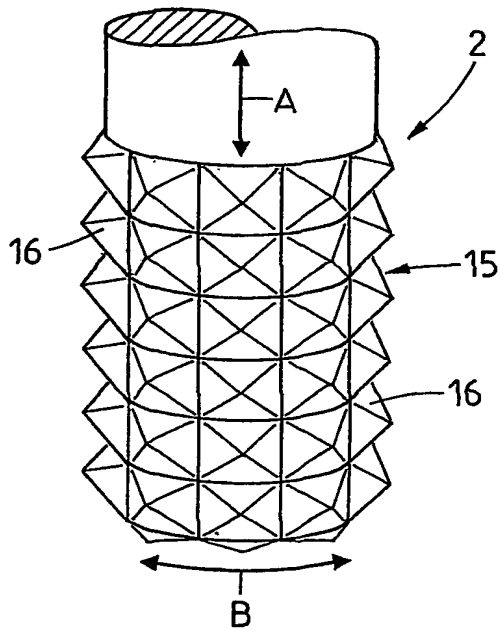


Fig. 7

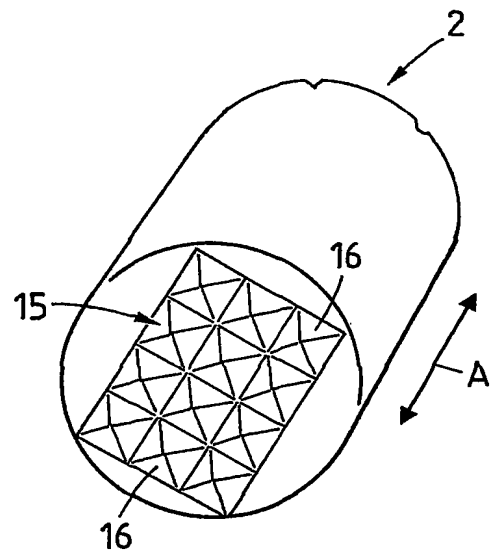


Fig. 8

4/5

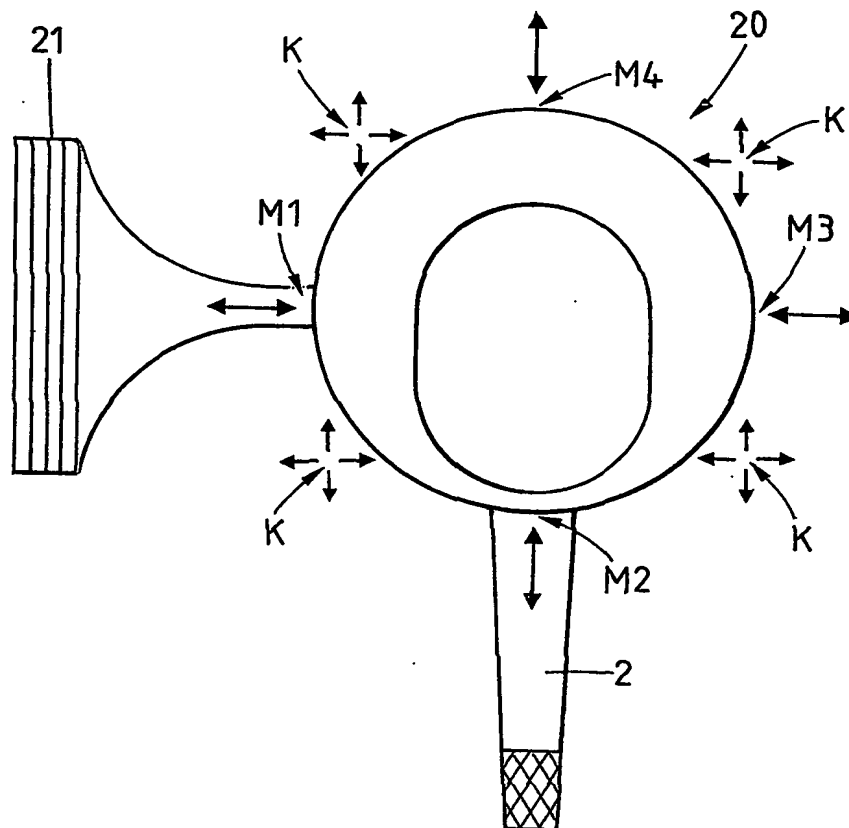


Fig.9



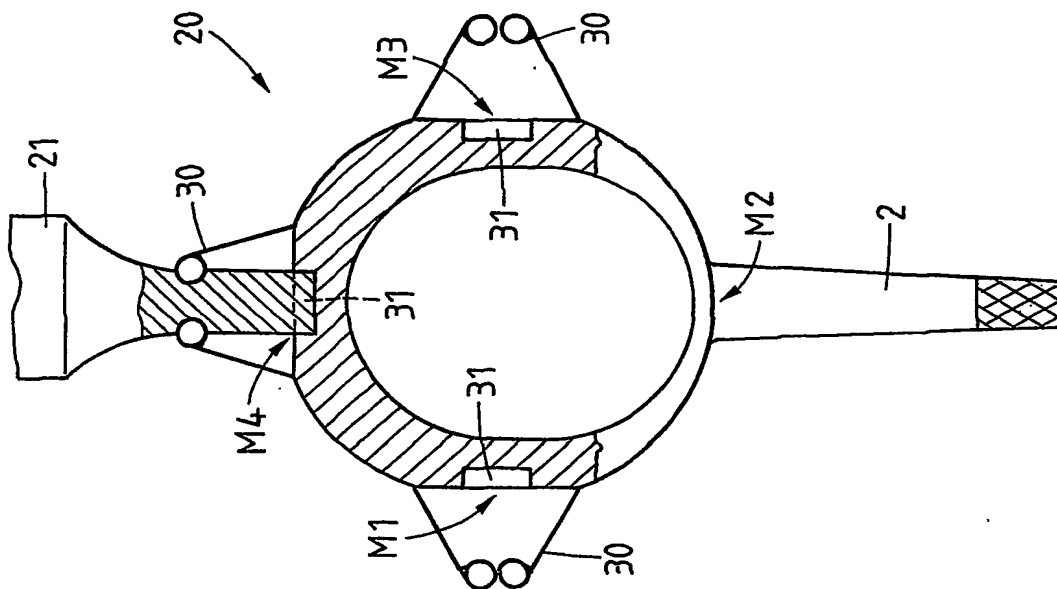


Fig. 10

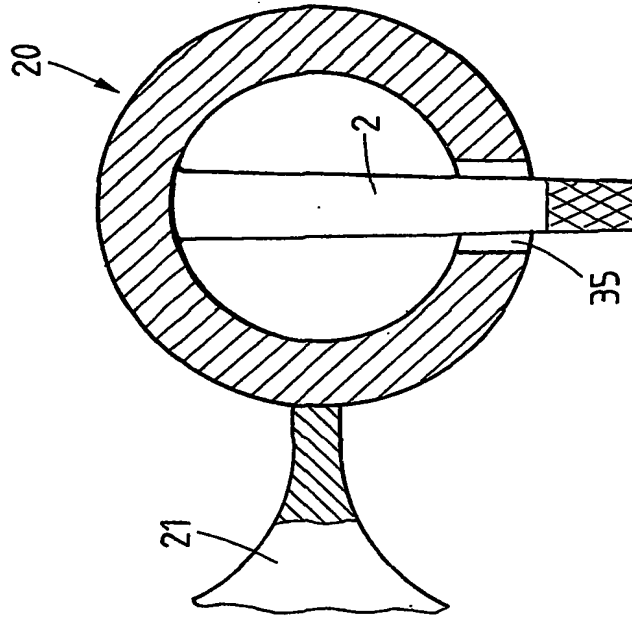


Fig. 11